

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-106995

(P2003-106995A)

(43) 公開日 平成15年4月9日 (2003.4.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト ⁷ (参考)
G 0 1 N 21/27		G 0 1 N 21/27	A 2 F 0 6 5
			Z 2 G 0 5 1
G 0 1 B 11/24		21/17	6 1 0 2 G 0 5 9
G 0 1 N 21/17	6 1 0	21/35	Z
21/35		21/85	A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-301653(P2001-301653)

(22) 出願日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(71) 出願人 591162631

株式会社高井製作所

石川県石川郡野々市町稻荷1丁目1番地

(71) 出願人 301061964

株式会社松浦電弘社

石川県石川郡野々市町字二日市町327の3

(72) 発明者 高井 東一郎

石川県石川郡野々市町稻荷1丁目1番地

株式会社高井製作所内

(72) 発明者 河原 英明

石川県石川郡野々市町稻荷1丁目1番地

株式会社高井製作所内

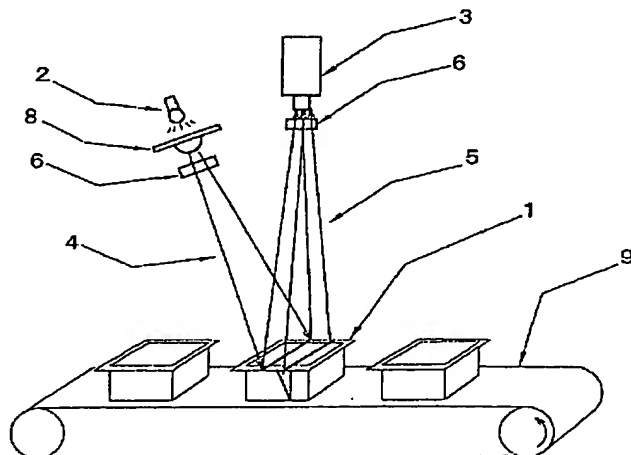
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ゲル形成性食品の品質判定方法

(57) 【要約】

【課題】ゲル形成性食品の品質評価において、抜き取り検査や破壊計測の欠点（検査漏れ、製品ロス、タイムラグ）を改善することを目的に、分光分析法、三次元測定法、画像解析手法を利用して、内部に浸透性のある特定波長（400nmから50,000nmの範囲）の光を用いた、非破壊式又は非接触式全数検査方法の実現が本発明の課題である。またゲル形成性食品内部の二次元又は三次元位置における品質（成分、食感、物性、形状等）、特に成分含量変化を伴わない物性変化やその均一性を評価することも本発明の課題である。

【解決手段】可視光から赤外線領域（400～50,000nm）の特定波長領域の光を用いる分光分析計測システムによって、ゲル形成性食品の品質（成分や物性）を判定する。その品質判定方法において、いわゆる光切断法による三次元形状測定システムを利用して、透過光又は反射光の吸光度の二次元分布を画像として取り込み、被対象物の深さ方向における吸光度に換算し、被対象物が移動する間に、被対象物の二次元又は三次元位置における性状判定を行う品質判定装置を構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】可視光から赤外線領域（400～50、000nm）の特定波長領域の光を用いる分光分析計測システムによって、ゲル形成性食品の品質（成分、食感、物性、形状等）を測定することを特徴とする品質判定方法。

【請求項2】請求項1記載のゲル形成性食品の品質判定方法において、被対象物が移動装置によって移動する工程を設けて、移動方向に対して直角方向に直線状に投光される光を用いて、被対象物に対して垂直方向より斜めに投光し、その投光角度より垂直方向で受光するように配設した受光装置を備えた、いわゆる光切断法による三次元形状測定システムであって、直線状光線が被対象物表面と底面を横切る位置の間における、特定波長に限定された透過光又は反射光の吸光度の二次元分布を画像として取り込み、被対象物の深さ方向における吸光度に換算することを、被対象物が移動する間に連続的にを行い、その結果から被対象物の二次元又は三次元位置における品質測定を行うことを特徴とするゲル形成性食品の品質判定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は例えば、豆腐をはじめ、卵豆腐、蒲鉾、チーズ等のゲル状食品や、加工や保存中に凝固又はゲル化する性質を有する豆乳、生卵、すり身、牛乳等の液体又はゾル状の食品ゲル形成性食品について、分光分析的な計測によって製品内部の品質を非破壊的又は被接触的に判定する方法および二次元又は三次元位置における品質判定を行う装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】食品製造工場の品質管理では、一般に、中間製品又は最終製品の品質について品質管理担当者が生産ロット毎や定期的に行う抜き取り検査では試験装置や化学分析法を用いて客観的な判断を下せるが、検査結果が得られるまで時間がかかる問題や検査漏れの問題がある。また、生産中は作業者が全品について注意を払い、目視や手触りによって良否を判断しているが、不注意や判断ミスは払拭できない。

【0003】ゲル形成性食品は、例えば豆乳に凝固剤を加え凝固させて豆腐にするように、加熱・冷却・凝固剤添加・発酵・酵素反応等の処理によって液状又はゾル状から固体状又はゲル状に変化させる食品である。一般食品と同様に、製品の抜き取り検査によって、一角の製品を開封してレオメーター等の物性試験機を用いてゲル強度などを評価している。破壊試験であるためその分がロスとなる。さらに万一不良品が検出されれば、たとえ不良品が一部分であっても、該当ロット全てを廃棄しなければならない。ゲル化のように、物性の変化を伴う加工作業や品質判断は作業者の主観、経験と勘に大きく依存

している。ゲル状になった中間状態や中間製品は包装前に不良品を見分けることは容易であるが、自動化されたラインでは何らかの原因でムラや欠損等のある不良製品が出荷されてしまう場合がある。プリンやヨーグルト等の市販製品では、カップ上部に空間を設けてゲル化した状態を目視判断しやすくするようにしているが、空気による酸化や微生物の発生や型崩れ等の問題もある。また充填豆腐や卵豆腐のように、包装後にゲル化する場合、一見、そのゲル化の良否を判別しにくく、手触り等の感覚しか頼りにならない場合がある。外観上の異常はないが、内部に異常がある場合、不良品を見落としてしまうこともある。希に凝固不十分の製品が出荷され、販売先や消費者からの苦情処理や商品回収、さらには損害賠償責任問題まで発生し、その食品製造者にとって多大な負担を強いられることになる。

【0004】ゲル形成性食品の品質は、一般に形状（大きさ、欠損、重量等）、外観（色彩、重量、光沢、きめ等）、食感（硬さ、弾力、保水性）、味などの品質項目が挙げられる。一部は測定機器を用いて客観的に測定されるが、味や食感などは人が味わって判断しているのが現状である。

【0005】また、豆乳や牛乳等の液状又はゾル状食品（飲料）の場合、製品は液体又はゾル状態が正常であるが、何らかの原因で、凝集物や沈殿物・浮遊物、粘性増加やゲル化など、不良品となる場合がある。

【0006】製品の表面形状検査の目的では、例えば、包装された豆腐の欠損等について、蛍光灯を用いたスリット光の照射とCCDカメラで画像処理によって判定する方法（特開平08-217029）や、スポット投光器および受光センサーを多数配置することによって判定する方法（特開平10-62132）が開示されている。これらの方法では、単に外形の形状のみを計測する方法であるが、容器の色やフィルム上の印字の影響を受けるため、十分ではない。

【0007】包装前の豆腐等に関しては、一般的な光切断法を用いて、欠損を判定する方法（特開2001-133233）が開示されているが、包装された製品では適用できない。

【0008】液状薬品又は食品の凝固判定装置としてX線を用いる画像解析装置の開示（登録第2931838号や特開2001-242100）がある。これらの装置は被対象物に気泡を含んでいる必要があり、前者では被対象物を振動させて、分散した気泡の状態を測定する方法である。いずれも液状の食品には適用できるが、ゲル状食品には適用できない。また放射線を扱うため、安全管理が必要になる。

【0009】可視光の分光分析法を用いて被対象物の成分を評価する方法として、例えば、果実等の被対象物の透過又は反射光を分割し、複数の特定波長フィルターを通過させ、それら吸光度の差から内部品質、例えば熟度

を評価する方法（特開昭52-83274）が開示されている。

【0010】近赤外線分光分析法による有機物の品質評価方法（近赤外分析法）は非破壊測定方法として注目され、過去20年間に数多くの研究がなされ、実用化が進められている。例えば、食品業界ではアミロース等の含有量を測定する米食味計（特公平1-49890）や糖質を測定する果物糖度計（特許2517858、特開平1-301147）等が実用化されている。また、コア含有食品のpH（水素イオンの含量）を評価する方法（特開2001-17084）、食品の加工前後における成分の違いを測定し、加工状態を評価する方法（特開平7-12722、特開平7-107925）が開示されている。ただし、豆腐類をはじめ、ゲル形成性食品に、可視光や近赤外線・赤外線による分光分析法を適用した例はない。

【0011】また、青果物では近赤外線領域の波長の吸収を利用して、硬さ（熟度）を予測するシステムも考案されている（特開平1-301147）が、青果物の熟成は一般に多くの化学成分の変化を伴っている。炊飯処理後の米飯を直接測定し、外観、食味の他、硬さ、粘りという物性値を評価する方法（特開平7-270312）が開示されているが、炊飯条件や米の性質によって吸収水分が異なり、一部の成分変化を伴っている。

【0012】いずれの方法も、アミロースや水素イオン濃度等の成分含量の変化に基づいた分析手法である。硬さや粘りという物性値は成分値との間接的相関に基づいて評価されている。そのため、成分が同一かつ変化がなく、物性が異なる場合は品質の判別が難しい面があった。これまでは、近赤外分光分析法は被測定物の化学成分量の違いを非破壊計測する目的に研究・実用化されてきた経緯がある。しかし、ゲル形成性食品について可視光や近赤外線等を使った分光分析法を適用し、その内部品質を判定した事例は未だ開示されていない。また、物体の三次元測定方法として、光切断法を用いる方法や特定波長域の光を用いる光切断法は物体の外形を画像で捉える場合に使われる公知の技術で、物体の表面的な欠陥、欠損、歪みの検出や外形測定に専ら用いられていた。被対象物内部の二次元又は三次元部位における性状判定に光切断法を応用した例はない。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】食品製造工場の製品管理において、前記のような、抜き取り検査及び破壊計測の欠点（検査漏れ、製品ロス、タイムラグ）を改善することを目的に、分光分析法を利用して、内部に浸透性のある特定波長（400nmから50,000nmの範囲）の光を用いて、ゲル形成性食品の中間製品又は包装された製品の品質、特に成分含量変化を伴わない物性変化について非破壊式又は非接触式全数検査システムを確立し、また光切断法と画像解析手法と併用してゲル形成

性食品内部の二次元又は三次元位置における品質、均一性を評価することが本発明の課題である。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、実際に、同一成分でありながら物性がゾルからゲル（または液体から固体）に変化する食品、例えばタンパク質の変性や多糖類等の相互作用（一般に高分子の高次構造の変化や、高分子間のイオン結合、水素結合、疎水結合、SS結合等の形成によるゲル化）が起こる豆腐、卵豆腐、蒲鉾、チーズ等の品質判定や、豆乳や牛乳の粘性や凝固変質等の品質判定に可視光から近赤外線、赤外線の分光分析法の応用を検討した結果、特定波長領域の光の吸光度又はその演算値が、特定の品質を反映していることを見出し、本発明に至った。

【0015】またレーザー光線を照射光源とし、CCDカメラを受光装置として、製品コンベア上にそれらを設置した、いわゆる光切断法による三次元計測システムを構成し、特定波長領域の光を用いて、ゲル形成性食品内部の二次元又は三次元位置における品質を判定する、実用上安価な非接触・非破壊自動計測システムを実現し、本発明を完成させた。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明請求項1記載の実施形態は、可視光から赤外線領域（400～50,000nm）、特に400～1,000nmの可視光から近赤外線領域の、単一又は複数の特定波長領域の光を用いる、分光分析計測システム方法であって、対象がゲル形成性食品の品質（成分、物性、製品評価）や特に成分含量変化を伴わない物性変化であることを特徴とする、ゲル形成性食品の品質判定方法である。

【0017】本発明で用いる分光分析計測システムは、図1（a）に示すように、光を被対象物1に投光する光源2と、その反射又は透過光5を受光し吸光度を測定する受光装置3を備え、必要に応じて、投光された光4又は受光された光5の特定波長領域を分離する分光装置6を付設するか、又は光路調整器7を付設するか、又はその吸光度を数学的前処理してあらかじめ作成された回帰式を用いて被対象物の特性関連値を出力する演算装置（コンピューター、シーケンサー等）を付設する、いわゆる分光分析計測システムである。図1（b）は透過照射の場合の概略図である。なお、図示はしないが、側面方向でも同様に、透過反射照射や透過照射のシステムを適用できる。

【0018】特定波長領域は、製品種類や目的の品質項目毎に、その評価値と各波長領域の吸光度やその演算値との相関分析や重回帰分析、判別分析等の統計解析を行って選択される。400～50,000nmまでの範囲には、可視光、近赤外線、（中）赤外線が含まれ、有機化合物やその官能基に由来する結合音やその倍音による吸収が存在する波長領域であるので、各種化合物に特有

の吸収スペクトルが得られ、成分濃度との相関が得られやすい。特に400～1,000nmの、短波長の近赤外領域から可視光は、水による吸収が少なく、高水分(60%wt以上)の食品には浸透性が高く、食品内部の情報を得る目的では好ましい。

【0019】可視光領域では色の三刺激値(例えばRGB表色法によるRGB値、CIEハンター表色法によるLab値等)等を用いてもよい。

【0020】近赤外線領域は、一般に波長域1(結合音域)1,800～2,500nm、波長域2(1次倍音域)1,400～1,800nm、波長域3(2次倍音域)700～1,100nmと3区分に細かく分けられる。特に80%wt以上の高水分食品に適し、透過性の高い波長域3を用いることが好ましい、とされている

(佐藤哲生、第5回非破壊計測シンポジウム講演要旨集p8～14;岩元・魚住、日本食品工業学会第32巻第9号p685～695)。

【0021】包装された製品の場合、包材の吸収波長を避けた波長領域を選択することによって、内部の食品の情報を得ることができる。また、包材の色や材質、印字の影響や、表面の付着水やバック水等の水の影響、食品の表面の焼き目や揚げ皮、着色等の影響も、同様にそれらの吸収波長領域を避けることで、的確に内部情報を得ることができる。

【0022】包材は特定波長領域の光を一部透過できるものであれば、基本的にどのような材質、厚みでも適用できる。肉眼では透けて見えなくても、強力な可視光線や赤外線を透過すれば、利用できる。ただし、アルミ蒸着された包材など、全く光を透過しない包材には適用できない。また、フィルム面以外に、容器側(底面や側面)からでも、投光又は受光が可能である。容器の形状は四角、丸形、チューブ状等、特に制約はない。

【0023】被対象物に照射する光源は、太陽光(自然光)や人工光源である蛍光灯、レーザー、ハロゲンランプ、白熱電球、単色ランプ、高圧放電ランプ(水銀灯、メタルハライドランプ)、キセノンランプ、発光ダイオード(LED)などである。また、フィルター、プリズム、回折格子等によって、特定の波長領域に制限した光を用いてもよい。また光源の点灯時間は高周波点灯等の常時点灯又はパルス点灯などが用いられる。被対象物の厚みがある場合や包材が光不透過性である場合等は高出力の光源を用いる。またリング状の光ファイバー灯や蛍光灯や白熱球や棒状蛍光灯など市販のあらゆる形態を用いることができる。また投光はスポット状、スリット状等の光路調整器や偏光フィルター、バンドパスフィルター等の光学フィルターによって制限するか、レンズによって集光、拡散させてもよい。受光装置に係わる投光照明は反射照明、透過照明、同軸照明、拡散照明等のいずれの形で適用可能である。

【0024】光の照射を受けた被対象物からは、表面で

跳ね返る反射光、被測定物を透過または散乱し黄通する透過光、照射光の一部が内部を透過・散乱して放射される透過反射光、色素などの励起によって起こる遅延光(蛍光)などがあり、少なくともその1つを利用する。また、その測定光もバンドパスフィルター等の光学フィルターや回折格子等の分光器によって、特定の波長領域に制限(分光)して用いてもよい。予め、投光の波長領域を制限する場合は、受光側の波長制限は不要である。

【0025】受光は光電管やダイオード素子により構成された受光装置、又は市販のCCDカメラ、MOS型カメラ等のエリアセンサー、リニアセンサー、赤外線カメラ、分光光度計、色彩色差計、果物糖度計、米食味計等を利用することによって、電気信号に変換される。あらかじめ標準白色板や比較対照試料で得ている基準値と相対的な比較によって、特定波長領域の相対的な吸光度として測定される。

【0026】被対象物は、静止状態でもよいが、工程上、コンベア搬送、シュートなどの搬送装置によって連続又は間欠移動してもよい。小規模であれば、樹脂コンテナ等に整列されて納められた状態でも構わない。また液体又はゾル状であればポンプ等によってパイプライン中を移動している場合やタンク中に滞留している場合も含まれる。

【0027】本発明の適用できるゲル形成性食品とは最終状態が固体又はゲル状である食品や、最終状態は液体又はゾル状であって、何らかの原因で、粘性増加や固体又はゲル状に変化する食品を指す。最終製品又は中間製品のどちらでも良い。形状も立方体、直方体、円柱、カップ状、球状など特に限定されない。包装の有無も限定しないが、少なくとも、特定波長領域の光が通過できる部分を有する包装材料で包装された場合に限られる。

【0028】本発明の適用できるゲル形成性食品のうち、最終状態がゲル状の食品は下記に示すような食品である。

【0029】タンパク質性ゲル形成性食品では、絹ごし豆腐・充填豆腐・木綿豆腐・寄せ豆腐(おぼろ豆腐)等の豆腐類、厚揚げ・生揚げ・薄揚げ・薄揚げ・寿司揚げ・がんもどき等の油揚げ生地、凍り豆腐やその凍結前後の生地、すし揚げ・厚揚げ・生揚げ・薄揚げ・すし揚げ・がんもどき等の油揚げ類、湯葉や湯葉豆腐、大豆タンパク質ゲル・豆乳ヨーグルト等の大豆加工食品、蒲鉾・竹輪・揚げ蒲鉾、魚肉ソーセージ等の水産練り製品、卵豆腐、ゆで卵、プリン、茶碗蒸し等の卵製品、チーズ・ヨーグルト等の牛乳加工製品、ゼラチンを用いたゲル状食品、うどん・素麺・ラーメン・パスタ・生麩・パン生地・ビスケット等の菓子生地等の小麦加工食品、蕎麦などである。

【0030】デンプン・多糖類性ゲル形成性食品ではコンニャクやコンニャクゼリー、ところてん、ういろう、煎餅やかきやま等の菓子生地、餅、胡麻豆腐、杏仁豆腐

や豆花等のゲル化剤を使用したゼリー状食品である。ゲル化剤とはゼラチン、寒天、カドラン、カラギーナン、デンプン等の食品添加物である。

【0031】また、本発明に適用される液体又はゾル状の食品は、加工や保存中に凝固又はゲル化する性質を有する、例えば豆乳飲料、生卵、すり身、牛乳や牛乳加工飲料、寒天飲料等である。

【0032】本発明において対象となるゲル形成性食品の品質は個々に様々であるが、一般に豆腐や卵豆腐のようなゲル状食品の場合、一般に物性（硬さ・弾力・保水性等）、外観（色調、重量、光沢、きめ等）、味などが挙げられる。これらの品質は、同一成分でも、加熱、攪拌、時間などの微妙な加工条件によって影響が現れる。なお、形状（大きさ、欠損等）、タンパク質、脂肪、糖質、繊維質等の栄養成分、アミノ酸や核酸等の旨味成分、ビタミン類、一般細菌数や大腸菌群数、異物混入なども本発明の対象となる品質項目である。豆乳飲料のような液状食品の場合も、上記以外に、物性（粘度・流動性・凝固や沈殿物等の有無）などの項目が挙げられる。

【0033】分光分析法の常套手段に従って、未知試料を測る前に、あらかじめ品質の異なる製品試料を複数測定し、回帰式を求めておく必要がある。まず、品質の異なる良品から不良品までの製品に関して、一定条件において各波長領域の吸光度値を測定する。その製品品質（客観的・主観的に測定される評価値）と、各波長領域の吸光度又はその吸光度の多次微分値（例えば2次微分）やそれらの四則演算値、対数値、他の特定波長領域の吸光度との演算値等の数値と、その吸光度との相関分析、判別分析、重回帰分析などの統計解析又はニューロコンピュータの学習を行い、回帰式又はニューロコンピュータ学習構造を求める。なお、本発明では特に製品の大きさ、形状、水分等の成分値の条件はほぼ固定条件にして、回帰式を用意した。なお、実用上は、各製品によって個別の回帰式を求める必要があり、面倒ではある。ニューロコンピュータの学習機能や認識を利用することによって、ユーザー側で現場レベルでのチューニングが容易になる。ニューロコンピュータを利用する利点は、非線形な因果関係に適していて、煩雑な統計計算が不要であり、複雑な自然現象に対して、比較的精度の高い判定を行うことも可能である。なお、選択された特定波長領域は、一般に特定の化学的構造（官能基）や特定の化合物に帰属されるが、学術的な説明ができなくても、実用上、因果関係が成立すれば問題ない。

【0034】外乱（例えば、特に温度や食品の大きさ等）による補正を行う必要がある場合、その外乱に影響の少ない特定波長領域の吸光度を選択し、その吸光度を差し引くこともある。ただし、加工食品の場合、形状や大きさや製品温度は、その製品の特定の工程では一定であるので、それぞれの製品によって判別式を決定しおけば、相対的な比較によって、判別が可能である。また吸

光度の2次微分値等を用いれば、その外乱の影響を少なくできる。逆に、本発明によって、そのような温度変動や量目の変化も検知することも可能である。

【0035】図2は本発明請求項2記載のゲル形成性食品の品質判定装置についての概要図である。請求項1記載のゲル形成性食品の品質判定方法において、被対象物1が移動装置9によって直線的に、連続又は間欠移動する工程を設けて、移動方向に対して直角方向に直線状に投光される光4（レーザー光等）を用いて、被対象物1に対して垂直方向より斜めに投光（入射角 θ ： $-90^\circ < \theta < 90^\circ$ 、図3（a）参照）し、その投光角度 θ より垂直方向、好ましくは垂直に受光するように配設（反射角 η ： $\theta > 0$ の時は $0 < \eta \leq 90^\circ$ 、 $\theta < 0$ の時は $90^\circ < \eta < 180^\circ$ 、図3（a）参照）した受光装置3（CCDカメラ等のエリアセンサー）を備えた、いわゆる光切断法による三次元形状測定システムを応用する。

【0036】その直線状光線が被対象物表面と底面を横切る位置の間における、特定波長に限定された透過光又は反射光の吸光度の二次元分布を画像として取り込み、各画素の吸光度を深さにおける吸光度に換算すること、を、被対象物が移動する間に連続的に行い、得られた平面又は断面画像を合成し、被対象物の内部全体の二次元又は三次元位置における性状判定を行うものである。画像の取り込みは演算処理能力によるが、極短時間で繰り返し、各画像データから二次元又は三次元の各位置において積算、平均、深度による補正など演算処理を行い、二次元又は三次元の吸光度パターンを得る。または複数のスリット光を一度に照射し、一度に画像を取り込んでよい。また移動方法は直線的移動、回転的移動等の一定した移動方法であれば特に限定しない。入射角 θ や反射角 η は、包装された製品中や外表面に水が存在する場合、表面の全反射を避けるよう、両角度を異なる角度に配置にすることが望ましい。

【0037】特定波長領域の光は、1領域だけでなく、複数の領域の光を必要とする場合、分光器6を短時間に調節する（回折格子の角度を機械的に変更する、光学フィルターを回転式に切り替える、等）ことによって、数種の領域の吸光度を測定することが可能である。また、コスト的に若干高くなるが、分光器6や受光装置3を複数設けることによって、さらに高速処理が可能になる。なお、本発明では直線状の投光照明は被対象物の底面から行ってもよく、その透過光について同様な画像測定と判定を行うことができる。

【0038】モデル的には表面の線状反射光から距離 L だけ離れた位置における線状反射光は被対象物中に散乱又は吸収されながら、一部の光は距離 $L \div \cos(\theta)$ だけ進んだ位置、即ち被対象物中の深さ $L \times \tan(\theta)$ （ θ ）の位置から、更に一部の光が垂直方向に向い、散乱又は吸収されながら距離 $L \times \tan(\eta)$ だけ進んで、被対象物表面から放射され、透過反射光として受光

装置に取り込まれる。見かけの光路長は $L \times (1 + \cos(\theta) + \tan(\eta))$

【0039】実際に、不透明ゲル形成性食品や乳濁液では、入射光の直進方向の周辺への散乱が大きく影響するので複雑ではあるが、光の強度の増加や被対象物の厚みを薄くすることや、水やタンパク質等の大きな吸収のない、透過しやすい特定波長を選択することによって、その影響を最小限にできる。なお、被対象物の厚みは包材や内部食品の光透過性にもよるが、20cm以下、好ましくは5cm以下であれば十分適用できる。また透過性の高い波長領域は500～1,000nmの範囲である。

【0040】同一製品において、その入射から透過反射までの光路上、内部組織が均一であれば、どこかの測定画像もその製品特有の同じ吸光度パターンを示すが、もし一部分に不均一な部分不具合があれば、二次元又は三次元吸光度パターンの一部分の吸光度が増減するので、不良品を判別できる。また木綿豆腐のように内部に「す」

(水や空気が詰まった空隙)の状態やゲル形成性食品特有の気泡の抱き込み状態も、吸光度パターンに斑点状に強弱が表れるので判別できる。充填豆腐のパック内の離水状態も、水の吸収がある波長の吸光度パターンを撮れば、その離水状態を判別できる。これら吸光度パターンのそれぞれの位置について回帰式を用いて、三次元位置における硬さ(破断力)を求めることができる。またパイプライン中で豆乳を凝固させ、豆腐を連続的に製造するシステムにおいては、配管状に窓を設けて、本発明を適用した場合、パイプ中を移動する豆腐の断面における吸光度パターンをモニターでき、万一の凝固不良を検知することができる。なお、目的の品質が比較的に単純な回帰式で表せる場合、単に、回帰式まで用いなくても、生産ライン上、相対的な吸光度パターンの変化をモニター(パターン認識)し、一般的な画像処理で閾値を越える、異常と疑われる製品があればシーケンサーに信号を出力し、搬送コンベア9から排出装置によって不良品を排除する。

【0041】エリアセンサーのうち、特にCCDカメラは市販の安価なタイプで十分であり加工食品工場に導入しやすい。同時に二次元のデータを扱えるため、個々の被測定物の全体(全面)を評価でき、食品の状態が不均一である場合や、ムラのある場合にも適用しやすい。また、被対象物との距離をおいて非接触測定できるため、既存ラインに設置しやすく、機械動作機構を省いて高速で処理できる。データを2値化処理し、既存の画像解析技術を利用できる。それによって、均一性、異物混入、欠け、割れなどその他の情報を得ることができる。成分(タンパク質、脂質、水分等)の測定も合わせて行う場合、1,000nm以上の近赤外線領域を用いることが好ましい。

【0042】

【実施例】ゲル形成性食品の一例として、豆腐について、図1(a)に示すような分光分析計測システムを用いた実施例を以下に述べる。

【0043】(実施例1)大豆および浸漬条件は平成12年度米国産IOMで14時間、平成12年度国産大豆タチナガハとエンレイ1:1混合したもので20時間、井戸水流水下、15℃で浸漬した。

【0044】生大豆8kg分の漬大豆を豆乳製造プラント(NS2000S、高井製作所製)で5分103℃まで蒸気煮沸を行い、直ちに豆乳絞り機(シリウス1連、高井製作所製)にて、豆乳とオカラに分離した。得られた豆乳は約13%brix(固形分濃度約11%wt)であった。豆乳は10℃になるまで急速に冷却し、所定量の凝固剤を混合し、PP製白色パック(2B)に充填し、PP製フィルムで溶着シールした。所定温度に合わせた湯浴中で、所定時間静置して充填豆腐を試作した。

【0045】上記と同様に分離直後の温豆乳(約80℃)と乳化凝固剤(マグネシウムTG、花王製)を使用して、ホット充填豆腐製造装置(高井製作所製)によって、PP製白色パック(京型)に充填し、PP製フィルムで溶着シールした。

【0046】凝固剤種類は塩化マグネシウム(ホワイトニガリ、ナイカイ塩業製)、硫酸カルシウム(すまし粉、ニッソー製)、グルコノデルタラクトン(GDL、藤沢薬品製)をそれぞれ豆乳重量に対して、0.05、0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.4、0.5%を添加した。また塩化マグネシウムとGDLを1:1にブレンドした場合も同様に調製した。

【0047】加熱凝固条件は、未加熱、40、50、60、70、80℃の湯浴温度にて、10、60分間加熱し、凝固した。これらの条件の組み合わせによって、約100個の豆腐を試作した。

【0048】それぞれの豆腐の品質測定は、レオメーター(不動工業製NRM-2002J)によって破断力等の測定(充填豆腐の包装フィルムを剥がした状態で、23mmφのプランジャーを6cm/分の速度で侵入させ、破断した時点の応力を測定)、パネラー数名による試食評価(外観、色、臭い、味、テクスチャーについて10段階の採点し、合計を100点満点として換算)、2時間放置前後の重量差から離水率の測定を行った。

【0049】分光光度測定機は市販のクボタ製フルーツセクターを使用し、室温にて充填豆腐の包装フィルムの上面中央部に測光センサーを接触させて、波長500～1,008nmの間で2nm毎の吸光度を測定した。また、波長400～700nmの間で、約450nm、約560nm、約610nmに分光感度を有するセンサーを内蔵した色彩色差計(ミノルタ製CR-300、拡散照明垂直受光式)によってL値、a値、b値(ハンター表色法)の測定も行った。

【0050】得られたデータについて市販の統計解析ソ

フト（マイクロソフト製EXCEL2000等）を用いて、相関分析、重回帰分析、分散分析を行い、重回帰式を求めた。

【0051】結果の一例として、塩化マグネシウム100%充填豆腐の典型的な結果を表1、その吸光度スペクトルを図4、吸光度の2次微分スペクトルを図5に示した。図4から680～950nmにおける大きな吸収が*

*存在することが分かった。特に800～840nm付近が特徴的で、最も大きな吸収を示している波長820nmに関して、吸光度と破断力との関係を図6に示した。両者の間には高い負の相関（相関係数0.99、n=6）が認められた。

【0052】

【表1】

No.	1	2	3	4	5	6
豆乳濃度 (%brix)	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
ニガリ(%)	0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
加熱温度(℃)	80	0	80	80	80	80
加熱時間(分)	60	0	15	30	60	120
試食評価 (点/100点)	20	28	58	60	64	52
離水率(%)	0.0	0.0	5.5	6.6	7.1	7.6
破断力(gf/cm ²)	0.8	7.4	17.8	49.9	69.6	83.1
L	83.3	84.0	84.1	84.4	84.6	84.1
a	-8.1	-8.1	-8.0	-7.9	-7.6	-6.9
b	16.5	16.5	16.3	16.4	16.4	15.9

【0053】全データ（n=100）について、重回帰

分析を行った結果について表2に示した。破断力、離水率、試食評価共に吸光度の2次微分値との相関が高かつ※

※た。

【0054】

【表2】

目的変数	変数	重相関係数	重回帰式
破断力	Lab	0.593	破断力=20.32×L+2.37×a-1.93×b-1634
	吸光度	0.429	破断力=1.80×[698nm]-12.41×[830nm]+79.14
	吸光度2次微分	0.737	破断力=-16660×[528nm]+86550×[628nm]+134600×[924nm]+309500×[956nm]+111.6
離水率	Lab	0.539	離水率=2.80×L+0.18×a-1.08×b-212.5
	吸光度	0.511	離水率=-2.04×[834nm]+12.47
	吸光度2次微分	0.789	離水率=1106×[528nm]+72.66×[932nm]+12120×[950nm]-230700×[854nm]-1821×[788nm]+3491×[758nm]+7193×[588nm]-2446×[684nm]+23.53
試食評価	Lab	0.559	試食評価=13.62×L-5.47×a+3.21×b-1198
	吸光度	0.366	試食評価=-1.65×[692nm]-5.57×[826nm]+67.71
	吸光度2次微分	0.654	試食評価=29890×[930nm]+107900×[960nm]-600000×[856nm]+1705×[680nm]+25240×[534nm]-499.5×[696nm]+157300×[632nm]-74060×[720nm]+230700×[830nm]+119.6

充填豆腐(n=100)

【0055】塩化マグネシウム100%の充填豆腐（n=22）に限定した場合の結果を表3に示した。破断力ではLab値との相関が高く、図7に示すとおり、重相関係数0.963であった。離水率や試食評価も図8、図9に示すとおり、全データよりも高い相関を示した。

【0056】

【表3】

目的変数	変数	重回関係係数	重回帰式
破断力	Lab	0.963	破断力=26.6×L+67.96×a+27.07×b-2115.93
	吸光度	0.908	破断力=889.94×[600nm]-271.56×[696nm]+27.07×[810nm]+14.34
	吸光度2次微分	0.777	破断力=2917000×[614nm]-3357000×[782nm]+1906000×[880nm]+8586000×[894nm]-1320
離水率	Lab	0.908	離水率=4.34×L+5.30×a+5.60×b-410
	吸光度	0.690	離水率=-5.83×[696nm]-16.77×[786nm]-17.29×[870nm]+14.87
	吸光度2次微分	0.588	離水率=180600×[614nm]+714400×[894nm]-87
試食評価	Lab	0.894	試食評価=28.16×L+17.95×a+32.41×b-2713
	吸光度	0.683	試食評価=280.28×[770nm]-395.4×[870nm]+225.97×[904nm]+88.71
	吸光度2次微分	0.633	試食評価=-29280×[520nm]+955100×[590nm]+781800×[614nm]+3357000×[894nm]-520.71

ニガリ充填豆腐(n=22)

【0057】マグネシウム100%のホット充填豆腐(n=22)についても、破断力はLab値、吸光度やその2次微分値と高い相関(各重回関係係数0.970、0.714、0.844)を示した。

【0058】以上からそれぞれの製品種類毎に作成した重回帰式や判別式を用いることによって、柔らか過ぎ、離水が多過ぎ、試食評価が低い、というような不良品を明確に判別できることを確認した。

【0059】(実施例2)図2に示した三次元測定システムを利用して、前記実施例1で得られた820nm吸光度を変数とした重回帰式を用いて、充填豆腐内部の品質評価、特に破断力の予測を試みた。図3(a)に示したように均一な製品であれば、直線状のレーザー光の入射位置から入射光が底面に当たる位置の範囲で、CCDカメラによって画像を測定すると、光路長に応じた減衰した分布が得られる。しかし、図3(b)に示したように外観上は正常であるが、内部に未凝固の部分(豆乳状)が存在する豆腐の場合、その未凝固部分を通過した光はより吸収され、その部分だけ暗い画像となるので、容易に不良品であることを判別できた。

【0060】

【発明の効果】本発明の請求項1記載の食品品質判別方法によれば、ゲル形成性食品において、その反射光又は透過光を受光し、特定波長領域(400nmから5000nmの範囲)の光について吸光度を測定し、ゲル状食品の品質を客観的に判定し、半凝固や未凝固などの不良品を判別することができる。また、一部分が光透過性であれば、その包材越しに中身の品質を評価することができる。その結果、ゲル形成性食品の自動製造ラインで、客観的な全数検査が容易になり、不良品を確実に除去でき、ロスやPL問題等のトラブルを未然に防ぐことが可能になる。

【0061】本発明請求項2記載のゲル形成性食品の品質判別装置によれば、可視光領域から近赤外光領域に感度のある安価な市販CCDカメラ等のエリアセンサーで安価に構成し、遠隔測定(非破壊かつ非接触測定)し、

汎用の画像解析処理を活用しながら、受光の特定波長領域の光を用いた光切断法を利用して、外観や成分だけでなく、ゲル形成性食品の内部品質(物性等)の二次元又は三次元位置に関する情報を得て、一層精度の高い迅速な製品の合否判定をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)本発明請求項1および実施例1記載のゲル形成性食品の分光分析計測システム(透過反射型)の説明図

(b)本発明請求項1および実施例1記載のゲル形成性食品の分光分析計測システム(透過型)の説明図

【図2】本発明請求項2記載のゲル形成性食品の三次元分光分析計測装置の説明図

【図3】(a)本発明実施例2記載の均一なゲル形成性食品の三次元分光分析計測の説明図

(b)本発明実施例2記載の不均一なゲル形成性食品の三次元分光分析計測の説明図

【図4】本発明実施例1のニガリ100%充填豆腐の透過反射光による吸光度スペクトルの説明図

【図5】本発明実施例1のニガリ100%充填豆腐の透過反射光による吸光度2次スペクトルの説明図

【図6】本発明実施例1のニガリ100%充填豆腐の透過反射光による吸光度と破断力の関係の説明図

【図7】本発明実施例1のLab値を用いた重回帰式による予測破断力と実測破断力との相関関係の説明図

【図8】本発明実施例1の吸光度2次微分値を用いた重回帰式による予測破断力と実測破断力との相関関係の説明図

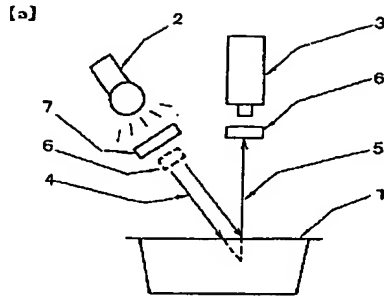
【図9】本発明実施例1の吸光度を用いた重回帰式による予測破断力と実測破断力との相関関係の説明図

【符号の説明】

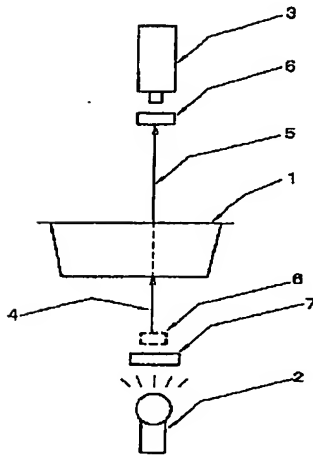
- 1 被対象物
- 2 光源
- 3 受光装置
- 4 照射光(投光)
- 5 反射又は透過光

- 6 分光器
7 光路調整器

【図1】

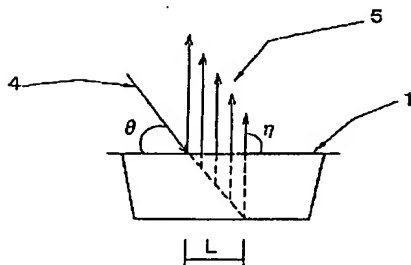


(b)

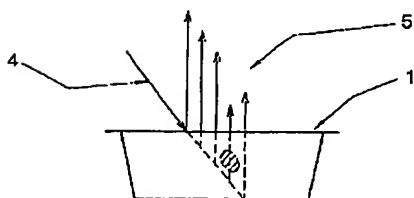


【図3】

(a)

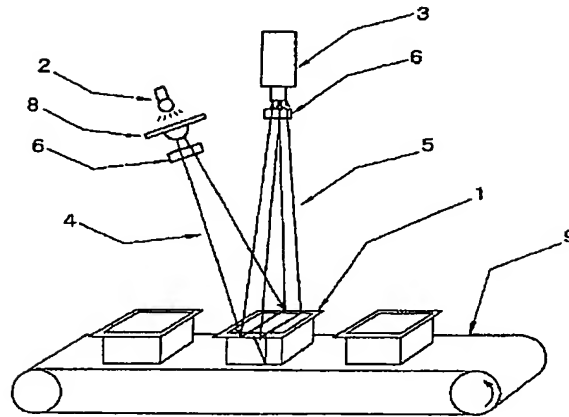


(b)

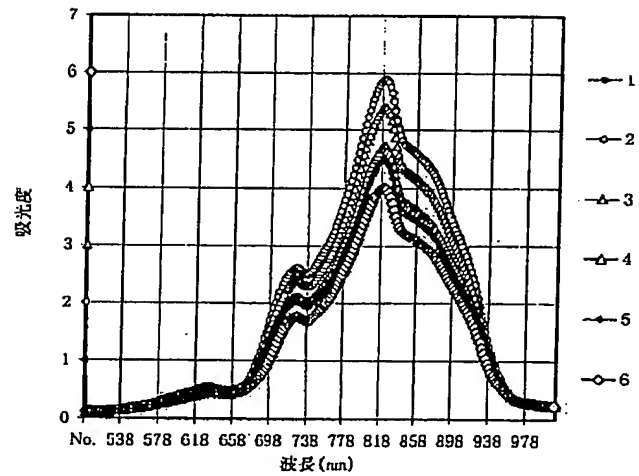


- 8 スリット光用光路調整器
9 搬送コンベア

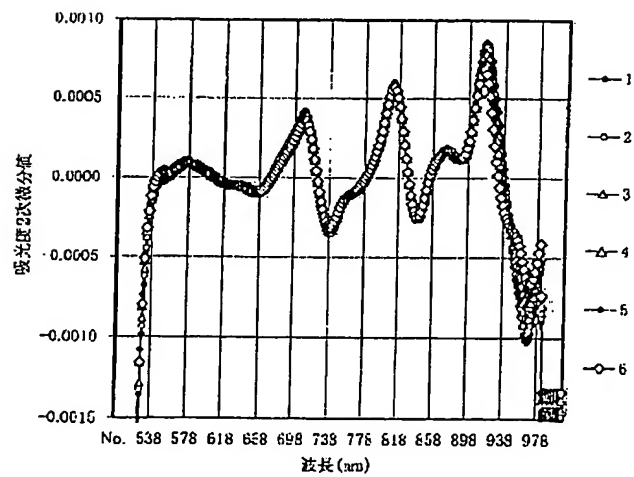
【図2】



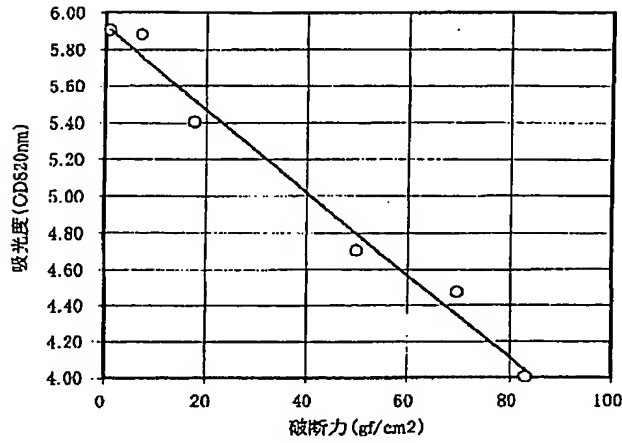
【図4】



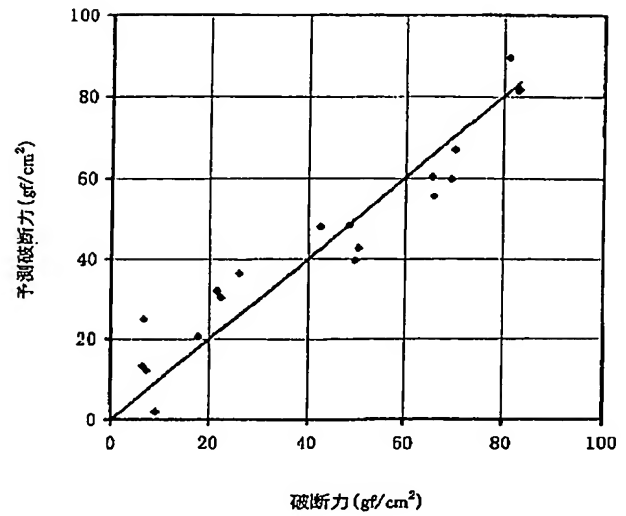
【図5】



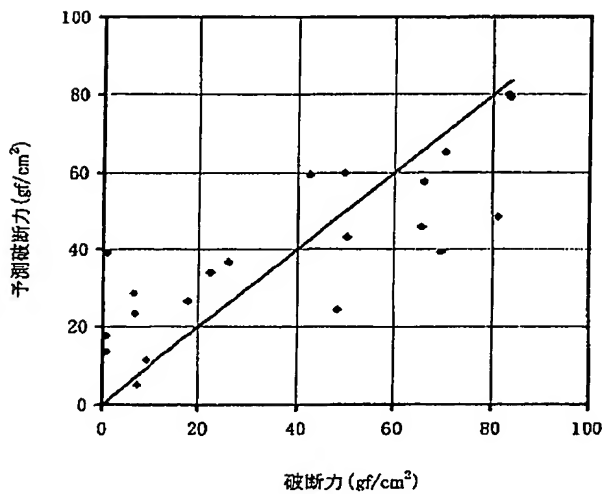
【図6】



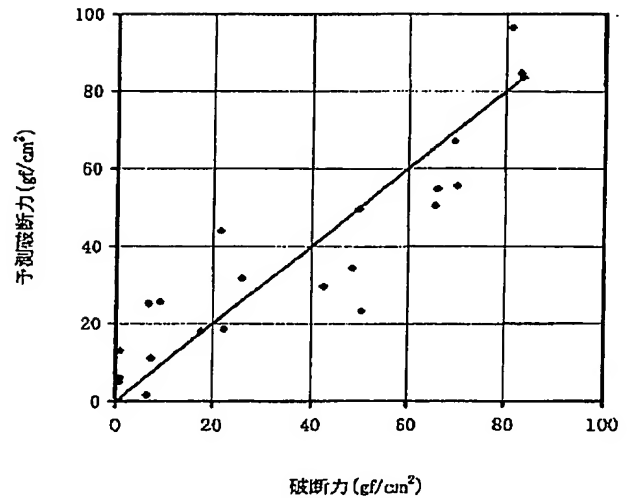
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G O 1 N 21/85
33/02

G O 1 N 33/02
G O 1 B 11/24

K

(72)発明者 細谷 一男
石川県石川郡野々市町稲荷1丁目1番地
株式会社高井製作所内

(72)発明者 西 正人
石川県石川郡野々市町稲荷1丁目1番地
株式会社高井製作所内

(72)発明者 富樫 郁夫
石川県石川郡野々市町稲荷1丁目1番地
株式会社高井製作所内

(72)発明者 天野 原成
石川県石川郡野々市町稲荷1丁目1番地
株式会社高井製作所内

(72)発明者 松浦 隆弘
石川県石川郡野々市町二日市町327-3
株式会社松浦電弘社内

Fターム(参考) 2F065 AA03 AA04 AA53 AA60 BB05
EE07 FF01 FF02 FF04 FF09
FF46 FF67 GG04 GG22 GG23
HH05 HH12 JJ03 JJ08 JJ26
LL21 LL67 MM03 PP15 QQ04
QQ14 QQ21 QQ31 QQ42 SS02
SS04 SS09
2G051 AA01 AB02 AB10 BA06 BA10
BB07 BB17 BC01 CA02 CA03
CA04 CB01 CB02 CC07 DA06
DA13 EA11 EA17
2G059 AA01 BB11 DD12 EE01 EE02
EE12 EE13 FF01 GG01 GG02
GG04 GG07 GG10 HH01 HH02
JJ02 JJ05 JJ06 JJ11 JJ17
JJ19 KK01 KK02 KK04